



IPW

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of: Jong Moo LEE, et al.

Serial No.: 10/777,087

Group Art Unit: 2874

Filed: February 13, 2004

Examiner: Not Yet Assigned

Title: POLYMERIC OPTICAL DEVICE HAVING LOW POLARIZATION  
DEPENDENCE AND METHOD OF FABRICATING THE SAME

\* \* \* \* \*

CLAIM FOR PRIORITY  
UNDER 35 U.S.C. §119

Honorable Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

May 14, 2004

Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application  
No. 2003-80077, filed in Korea on November 13, 2003, is hereby  
requested and the right of priority provided in 35 U.S.C. §119 is  
hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy  
of said original foreign application.

Respectfully submitted,

By: 

Yoon S. Ham  
Reg. No. 45,307

JACOBSON HOLMAN PLLC  
The Jenifer Building  
400 Seventh Street, N.W.  
Washington, D.C. 20004-2201  
Telephone: (202) 638-6666

Atty. Docket No.: P69511US0  
YSH:dj



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0080077  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 11월 13일  
Date of Application NOV 13, 2003

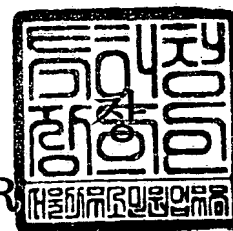
출원인 : 한국전자통신연구원  
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2004 년 02 월 17 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0012
【제출일자】	2003.11.13
【국제특허분류】	G02B
【발명의 명칭】	편광 의존성이 낮은 폴리머 광소자 및 그 제조방법
【발명의 영문명칭】	Polymeric optical device having low polarization-independent and method for manufacturing the same
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	2001-038378-6
【대리인】	
【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【포괄위임등록번호】	2001-038396-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이종무
【성명의 영문표기】	LEE, Jong Moo
【주민등록번호】	690208-1226210
【우편번호】	305-330
【주소】	대전광역시 유성구 지족동 853 열매마을 103동 902호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박선택
【성명의 영문표기】	PARK, Sun Tak
【주민등록번호】	700103-1668528

【우편번호】	302-170
【주소】	대전광역시 서구 갈마동 1436번지 오벨리스크 1001호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	안준태
【성명의 영문표기】	AHN, Joon Tae
【주민등록번호】	640525-1548610
【우편번호】	301-774
【주소】	대전광역시 중구 태평2동 버드내아파트125동 2001호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	주정진
【성명의 영문표기】	JU, Jung Jin
【주민등록번호】	671117-1894915
【우편번호】	302-739
【주소】	대전광역시 서구 만년동 상아아파트 103-1401
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이명현
【성명의 영문표기】	LEE, Myung Hyun
【주민등록번호】	620122-1820314
【우편번호】	305-333
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 118동 507호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김경헌
【성명의 영문표기】	KIM, Kyong Hon
【주민등록번호】	560927-1673615
【우편번호】	305-755
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 128-1201
【국적】	KR

**【우선권 주장】****【출원국명】**

KR

**【출원종류】**

특허

**【출원번호】**

10-2003-0009598

**【출원일자】**

2003.02.15

**【증명서류】**

첨부

**【심사청구】**

청구

**【취지】**

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인

이영필 (인) 대리인

이해영 (인)

**【수수료】****【기본출원료】**

20 면 29,000 원

**【가산출원료】**

9 면 9,000 원

**【우선권주장료】**

1 건 26,000 원

**【심사청구료】**

13 항 525,000 원

**【합계】**

589,000 원

**【감면사유】**

정부출연연구기관

**【감면후 수수료】**

307,500 원

**【기술이전】****【기술양도】**

희망

**【실시권 허여】**

희망

**【기술지도】**

희망

**【첨부서류】**

1. 요약서·명세서(도면)\_1통 2.우선권증명서류 및 동 번역문\_1통

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 편광 의존성이 낮은 폴리머 광소자 및 그 제조방법을 개시한다. 개시된 본 발명의 폴리머 광소자는, 기판, 상기 기판상에 형성되어 있는 하부 클래딩층, 상기 하부 클래딩층 상의 소정 부분에 형성되는 적어도 하나의 코어층 패턴, 및 상기 코어층 패턴이 형성된 하부 클래딩층 상부에 적어도 2층의 서브 상부 클래딩층으로 구성되는 상부 클래딩층을 포함한다. 상기 서브 상부 클래딩층의 두께 및 적층 회수를 조절하여 폴리머 광소자의 복굴절율을 개선할 수 있어, 편광 의존성을 줄일 수 있다.

**【대표도】**

도 3

**【색인어】**

폴리머, AWG, 파장 다중화, 도파로

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

편광 의존성이 낮은 폴리머 광소자 및 그 제조방법{Polymeric optical device having low polarization-independent and method for manufacturing the same}

## 【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 폴리머 광소자(16채널 AWG 라우터)의 개략적인 구성을 나타낸 구조도이다.

도 2a 내지 도 2d는 도 1의 폴리머 광소자의 제조방법을 설명하기 위한 각 공정별 단면도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 폴리머 광소자의 단면도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 폴리머 광소자의 각 층 두께를 표시한 도면이다.

도 5a 내지 도 5d는 본 발명의 일실시예에 따른 폴리머 광소자의 서브 상부 클래딩층의 두께에 따른 TE-TM 파장 차이를 보여주는 그래프이다.

도 6은 다층으로 상부 클래딩층을 구성하는 경우, 제 1 서브 상부 클래딩층의 두께가 7 내지 22 $\mu\text{m}$  범위로 변화될 때, TE-TM 쉬프트 정도를 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 폴리머 광소자의 서브 상부 클래딩층의 적층회수에 따른 TE-TM 쉬프트를 보여주는 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 폴리머 광소자의 서브 상부 클래딩층의 두께를 20 $\mu\text{m}$ 로 하였을 때 온도에 따른 TE-TM 쉬프트를 보여주는 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 폴리머 광소자의 서브 상부 클래딩층을 약 20 $\mu\text{m}$ 로 하였을 때, 열경화 조건에 따른 TE-TM 쉬프트를 보여주는 그래프이다.

(도면의 주요 부분에 따른 부호의 설명)

10 : 기판                                      12 : 하부 클래딩층  
14a : 코어층 패턴                          18: 상부 클래딩층  
18a, 18b, 18c, 18d: 서브 상부 클래딩층

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<14> 본 발명은 폴리머 광소자의 제조방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 편광에 따른 파장 특성 편화를 줄일 수 있는 폴리머 광소자의 제조방법에 관한 것이다.

<15> 폴리머 광소자는 실리카(silica) 광소자에 비해 제작이 용이하다는 장점은 있으나, 실리카 광소자에 비해서 큰 편광 의존성으로 인해 응용에 제약을 받고 있다. 특히, 실리카로 제작된 AWG(arrayed waveguide grating) 소자의 경우 TE(transverse electric) 및 TM(transverse magnetic) 편광 모드의 중심 파장 차이(TE 중심 파장 TM 중심 파장)가 약 0.35nm인 반면(H. Takahashi, Y. Hibino and I.Niship, "Polarization-insensitive arrayed-waveguide grating wavelength



multiplexer on silicon", Optics Lett., vol.17, No.7, pp499-501, 1992. 참조), 폴리머를 이용한 AWG 소자의 경우, 물질 종류에 따라 차이가 있기는 하지만 TE-TM 편광 모드에 따른 중심 파장 차이가 수 nm에 이르러, 그 차이가 실리카 AWG 소자의 경우보다 약 10배나 큰 것으로 알려져 있다(Y.H. Min, M.J.H. Lee, J.J. Ju, S.K. Park and J. Y. Do, "Polymeric 16x16 Arrayed Waveguide Grating Router Using Fluorinated Polyethers Operating around 1550 nm", IEEE J. Select. Topics in Quantum Electron., vol. 7, No.5, 806-811, 2001, 참조).

<16> 그러나, 상술한 바와 같이, 실리카 AWG 소자에 있어서, 0.35nm 정도의 중심 파장의 차이는 무시할 수 없는 만큼의 크기여서, 이를 개선하기 위하여 AWG 소자의 격자 채널 채널 부분에 반파장 플레이트(half-wave plate)를 삽입하거나, 기판에 의한 스트레스를 상쇄시킬 수 있는 비정질 실리콘층(H. Takahashi, Y. Hibino, Y. Ohmori, and M. Kawachi, "Polarization-insensitive Arrayed-waveguide Multiplexer with Birefringence Compensating Film", IEEE Photon. Technology Lett., vol.5, No. 6, 707-709, 1993. 참조), 특정한 열팽창 계수의 물질(S.M. Ojha, C. Cureton, T.Bricheno, S. Day, D.Moule, A.J. Bell, and J. Taylor, "Simple method of fabrication polarization-insensitive and very low crosstalk AWG grating devices", Electron. Lett., Vol. 34, No. 1, 78-79, 1998. 참조) 또는 특정한 복굴절 특성의 물질(S.M. Ojha, et al., "Plana Optical waveguide", 미합중국 특허 5,930,439 참조)을 AWG 소자의 격자 위에 코팅하는 방법이 이용되고 있다. 상기 방법의 채용에 의하여 실리카 AWG 소자의 TE/TM 중심 파장의 차이(쉬프트)를 0.1nm 이하로 줄일 수 있다.

<17> 한편, 현재까지 발표된 폴리머 광소자는 폴리머 자체의 복굴절 및 제작상에 생기는 스트레스 효과에 의해서 수 nm의 큰 TE-TM 쉬프트가 발생되었고, 이를 줄이는 방법으로 대부분의 연구가 폴리머 자체의 특성을 변화시켜서 복굴절이 낮은 물질을 개발하는 쪽으로 치중하고 있다

(Y.Koike, et al., "Process for the preparation of non-birefringent optical resin and optical elements made by using the resin prepared by the process", 미합중국 특허 6,277,938 참조).

<18> 그러나, 폴리머 광소자에서 복굴절의 상당 부분은 제작상의 스트레스 효과에 의한 것이기 때문에, 새로운 물질 개발에 따르는 부담이 존재하는 한편, 기존의 제한된 물질로 광소자를 제작하는 경우 편광에 덜 민감한 AWG 소자를 제작하는데 어려움이 있다.

<19> 폴리머 광소자의 스트레스를 줄이는 방법으로, 폴리머 광소자의 기판을 기존 실리콘 웨이퍼에서 폴리머 기판으로 교체하는 방법이 제안되었다(N. Keil, H. Yao, C. Zawadzki, J. Bauer, M. Bauer, C. Dreyer, and J. Schneider, "A thermal polarization-independent all-polymer arrayed waveguide grating(AWG) multi/demultiplexer", OFC 2001, Anaheim, post-deadline paper PD7,2001). 그러나, 그러한 경우에도 특정한 폴리머를 기판으로 사용하여야 하므로, 제작이 어렵고 다른 소자와의 패키징도 어려운 단점이 있다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<20> 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 특정한 폴리머 기판을 사용하지 않고도, 스트레스 효과를 상쇄시켜 편광 의존성을 감소시킬 수 있는 폴리머 광소자를 제공하는 것이다.

<21> 또한, 본 발명이 다른 기술적 과제는 상기한 폴리머 광소자의 제조방법을 제공하는 것이다.

#### 【발명의 구성 및 작용】

<22> 상기한 본 발명의 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일견지에 따른 폴리머 광소자는, 기판, 상기 기판상에 형성되어 있는 하부 클래딩층, 상기 하부 클래딩층 상의 소정 부분에 형

성되는 적어도 하나의 코어층 패턴, 및 상기 코어층 패턴이 형성된 하부 클래딩층 상부에 적어도 2층의 서브 상부 클래딩층으로 구성되는 상부 클래딩층을 포함한다.

<23> 여기서, 상기 서브 상부 클래딩층 중 어느 하나의 높이는 상기 코어층 패턴의 높이와 동일하거나, 0.1 내지 30% 이상 큰 것이 바람직하다.

<24> 상기 코어층 패턴은 하부 클래딩층 상부에 형성되는 폴리머 성분으로 된 코어층, 및 상기 코어층 상부에 상기 상부 또는 하부 클래딩층 물질과 동일한 버퍼층을 포함한다. 상기 코어층 패턴의 높이는 2 내지 10 $\mu$ m 정도임이 바람직하다.

<25> 상기 기판, 하부 클래딩층, 코어층 및 상부 클래딩층은 각각 폴리머 물질로 구성되고, 상기 폴리머 물질은 플루오리네이트 폴리에테르 계열, 아크릴레이트 계열, 폴리이미드 계열 및 퍼플루오네이트 사이클로부탄 계열의 물질 중 선택되는 하나일 수 있고, 상기 기판은 실리콘 기판, 실리카 기판 및 유리 기판 중 선택되는 하나일 수 있다. 또한, 상기 폴리머 광소자의 복굴절은 상기 서브 상부 클래딩층의 두께 및 적층 회수에 의해 조절된다.

<26> 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 폴리머 광소자의 제조방법은, 기판 상부에 하부 클래딩층을 형성한다음, 상기 하부 클래딩층 상부에 코어층 패턴을 형성한다. 그후에, 상기 코어층 패턴이 형성된 하부 클래딩층 상부에 적어도 2층 이상의 서브 상부 클래딩층으로 구성되는 상부 클래딩층을 형성한다.

<27> 상기 코어층 패턴을 형성하는 단계는, 상기 하부 클래딩층 상부에 코어층을 형성하는 단계와, 상기 코어층 상부에 마스크 패턴을 형성하는 단계와, 상기 마스크 패턴의 형태로 코어층을 식각하는 단계, 및 상기 마스크 패턴을 제거하는 단계를 포함하며, 상기 코어층 식각시 상기 하

부 클래딩층을 일부 과도 식각한다. 이때, 상기 하부 클래딩층은 0.1 내지 3 $\mu$ m 정도 과도 식각하는 것이 바람직하다.

<28> 상기 코어층을 형성하는 단계와, 상기 코어층 상부에 마스크 패턴을 형성하는 단계 사이에, 상기 코어층 상부에 버퍼층을 형성하는 단계를 더 포함한다.

<29> 또한, 상기 하부 클래딩층을 형성하는 단계, 상기 코어층을 형성하는 단계, 및 상기 서브 상부 클래딩층을 형성하는 단계 각각은, 상기 폴리머층을 코팅하는 단계, 및 상기 폴리머층을 경화시키는 단계를 포함한다. 상기 폴리머층을 경화시키는 단계는, 상기 폴리머층을 열적 또는 UV에 의해 경화시키는 것이 바람직하다.

<30> (실시예)

<31> 이하 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명의 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상술하는 실시예들로 인해 한정되어지는 것으로 해석되어져서는 안 된다. 본 발명의 실시예들은 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되어지는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소의 형상 등은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해서 과장되어진 것이며, 도면상에서 동일한 부호로 표시된 요소는 동일한 요소를 의미한다.

<32> 본 발명의 실시예에 따른 AWG 라우터는 도 1에 도시된 바와 같이, 광 도파로(waveguide:100), 자유 진행 영역(free propagation region:110) 및 격자 채널 광도파로(grating channel waveguide:120)를 포함한다. 이와 같은 AWG 라우터는 공지된 바와 같이 광신호에서 전기 신호로의 변환 없이 라우팅될 수 있다. 즉, 주어진 입력 포트에 라우팅된 광 신호는 격자 채널 광

도파로(파장 선택을 갖는 광 장치)를 사용함으로써 전기 신호로 변환되지 않은 채 광신호의 파장에 따른 상이한 출력 포트들에 의해 선택적으로 라우팅될 수 있다.

<33> 이하, 도 2a 내지 도 2e를 참조하여 본 발명의 AWG 라우터의 제조방법을 설명하도록 한다.

<34> 도 2a에 도시된 바와 같이, 기판, 예컨대 실리콘 기판(10)상에 하부 클래딩층(12)을 스펀 코팅 방식에 의해 형성한다. 하부 클래딩층(12)은 예컨대 젠 포토닉스(Zen Photonics)사의 모델명 ZP2145로서, 약 1.484 정도의 굴절률을 갖는 폴리머이다. 그후, 하부 클래딩층(12)을 약 250℃의 온도에 열경화시킨다.

<35> 다음, 도 2b에 도시된 바와 같이, 경화된 하부 클래딩층(12) 상부에 코어층(14)을 2 내지 10 $\mu\text{m}$ , 바람직하게는 약 6 $\mu\text{m}$  두께로 코팅한다. 코어층(14)으로는 예컨대, 굴절율이 1.501인 젠 포토닉스사의 모델명 ZP1010이 사용될 수 있으며, 소정의 온도(약 250℃ 정도)에서 열경화 공정을 진행한다.

<36> 도 2c를 참조하여, 코어층(14) 상부에 광도파로(도 1의 100)의 코어부를 한정하기 위한 식각 마스크(16)를 형성한다. 식각 마스크(16)는 예를 들어, 공지의 포토리소그래피 공정에 의해 형성되는 포토레지스트 패턴이거나, 혹은 금속 패턴일 수 있다.

<37> 금속 패턴을 식각 마스크로서 사용하는 경우, 코어층(14) 상부에 금속층(도시되지 않음)을 증착하고, 금속층 상부에 코어부를 한정하기 위한 포토레지스트 패턴(도시되지 않음)을 공지의 방식으로 형성한다. 그후, 이 포토레지스트 패턴의 형태로 상기 금속층을 식각하여 금속 패턴을 형성할 수 있다. 또한, 상기 금속 패턴을 형성하기 위한 다른 방법으로는, 금속 패턴이 형성될 영역이 노출되도록 음각 형태의 포토레지스트 패턴(도시되지 않음)을 상기 코어층(14) 상

부에 형성한 후, 상기 음각 부분에 금속층을 매립시키고, 상기 포토레지스트 패턴을 리프트 오프 방식으로 제거하여, 금속 패턴을 형성할 수 있다.

<38> 그후, 식각 마스크의 형태로 코어층(14)을 식각하여 코어층 패턴(14a)을 형성한다. 코어층 식각시, 약 0.1 내지  $3\mu\text{m}$  정도 하부 클래딩층(12)을 과도 식각함이 바람직하다. 다음, 상기 식각 마스크를 공지의 방식으로 제거한다.

<39> 다음, 도 2d를 참조하여, 코어층 패턴(14a)이 형성된 기판(10) 결과물 상부에 상부 클래딩층(18)을 형성한다. 본 실시예에서의 상부 클래딩층(18)은 스트레스에 의한 복굴절 특성을 개선하기 위하여 다층의 서브 클래딩층(18a-18d)으로 구성함이 바람직하다. 이때, 상부 클래딩층(18)은 상기 하부 클래딩층과 동일한 물성으로 형성될 수 있다.

<40> 종래의 상부 클래딩층은 그 두께에 대한 특별한 고려 없이 충분히 두껍게 형성했던 것과는 달리, 본 실시예의 상부 클래딩층(18)은 얇게 적어도 한층 이상으로 형성한다.

<41> 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이, 하부 클래딩층(12)으로 부터 상기 코어층(14a, 즉 광도파로 패턴)의 높이(혹은 코어층의 식각 깊이)를 "D"라고 가정할 때, 최하단의 상부 클래딩층(18a, 제 1 서브 상부 클래딩층)은 코어층(14)을 포함한 식각 깊이에서 크게 벗어나지 않도록 예컨대, 약 0.1 내지 30% 이내가 되도록 한다. 즉, 최하단의 서브 상부 클래딩층(18a)의 두께(C)는 상기 코어층(14)의 높이(D:과도 식각된 하부 클래딩층 표면으로부터 코어층 표면까지의 높이)와 유사하거나 약간 큰 정도(0.1 내지 30% 정도)로 형성하여, 상부 클래딩층(18)을 다층의 서브 상부 클래딩층으로 구성한다. 이에 따라, 코어층(14a)과 접하는 하부 클래딩층(12)의 표면은 서브 상부 클래딩층(18a)과 접하는 하부 클래딩층(112)이 표면보다 상대적으로 상부에 위치하게 된다.

- <42> 본 실시예에서 상부 클래딩층(18)은 예컨대 4개의 서브 상부 클래딩층(18a-18d)으로 구성하였다.
- <43> 여기서, 기판(10), 하부 클래딩층(12), 코어층(14) 및 상부 클래딩층(16)은 예컨대, 플루오린에이트 폴리에테르 계열, 아크릴레이트 계열, 실리콘 레진 계열, 폴리이미드 계열 및 퍼플루오린에이트 사이클로 부탄 계열의 폴리머중 선택되는 하나의 물질이 이용될 수 있다. 또한, 본 실시예에서 상기한 하부 클래딩층(12), 코어층(14) 및 상부 클래딩층(16)은 코팅후 소정 온도에서 열적 경화를 실시하였으나, 열적 경화외에 UV 인가에 의해 경화공정을 진행할 수 있다.
- <44> 한편, 본 발명의 변형예로서, 코어층(14)을 식각하기 이전에, 코어층(14) 상부에, 상부 클래딩층 물질과 동일한 물질의 버퍼층(도시되지 않음)을 약  $3\mu\text{m}$  이내의 두께로 추가로 형성할 수 있다. 그후, 버퍼층상의 소정 영역에 식각 마스크를 형성하고, 식각 마스크에 의해 버퍼층 및 코어층(14)을 식각한다음, 다층의 상부 클래딩층(18a~18d)을 형성한다. 이러한 경우, 코어층(14)을 식각한후, 하부 클래딩층을 과도식각하는 것이 가능하며, 과도 식각 깊이를 상기 버퍼층의 두께 정도 만큼 조절할 수 있다.
- <45> 도 4는 본 실시예에 따라 실제 제작된 폴리머 광소자(AWG 라우터)의 각 층 두께등을 도시한 도면이다. 도 4에 의하면, 실리콘 기판(10, 도 2e 참조)상에  $11\mu\text{m}$  두께의 하부 클래딩층(12)이 형성되어 있고, 하부 클래딩층(12) 상부에 약  $6\times 6\mu\text{m}$ 의 코어층 패턴(14a)이 형성되어 있다. 코어층 패턴(14a)이 형성된 하부 클래딩층(12) 상부에, 약  $16\mu\text{m}$  정도 두께의 상부 클래딩층(18)이 형성되어 있다. 이때,  $6\times 6\mu\text{m}$ 의 코어층 패턴(14a)은 상술한 바와 같이, 하부 클래딩층(12)상에 두께  $6\mu\text{m}$ 의 코어층(14)을 형성하고, 이 코어층(14)을 리소그래피 공정에 의해 형성된 식각 마스크의 형태로 약  $7\mu\text{m}$  두께 만큼 식각하여 형성하였다. 여기서, 코어층(14)의 형성 두께는 6

$\mu\text{m}$ 인 반면, 코어층(14)의 식각 깊이가  $7\mu\text{m}$ 인 것은 하부 클래딩층(12)이 약  $1\mu\text{m}$  정도 과도 식각되었음을 의미한다. 따라서, 본 실시예에서 언급하는 상부 클래딩층(18)의 두께는 과도 식각되어진 하부 클래딩층(12)의 표면으로부터의 두께를 의미한다.

<46> 한편, 서브 상부 클래딩층(18a-18d)의 각각의 두께는 도 3에 도시된 바와 같이, 서로 상이할 수 있다. 즉, 제 1 서브 상부 클래딩층(18a)는 하부의 코어층 패턴(14a)에 의해 제공되는 모폴로지에 균일하지 않을 수 있으며, 제 1 서브 상부 클래딩층(18a)의 두께가 얇을수록, 제 1 서브 상부 클래딩층(18a)의 두께 균일도가 낮아질 수 있다.

<47> 여기서, 도 5a 내지 도 5d는 서브 상부 클래딩층의 두께에 따른 파장 차이를 보여주는 그래프로서, 상기 도 5a 내지 도 5d는 제 1 서브 상부 클래딩층(18a)의 두께를 도 3의 "C"로 결정하였을 때 실험 결과이다.

<48> 도 5a는 상부 클래딩층을  $22\mu\text{m}$  두께의 단일층으로 형성한 경우이고, 도 5b는 상부 클래딩층을  $11\mu\text{m}$  두께로 2층으로 형성한 경우이고, 도 5c는 상부 클래딩층을  $7\mu\text{m}$  두께로 3층으로 형성한 경우를 나타내며, 도 5d는 도 5c의 일정범위의 파장 영역을 확대한 그래프이다.

<49> 우선, 도 5a와 같이 상부 클래딩층을  $22\mu\text{m}$  두께의 단일층으로 형성하는 경우, 입력 및 출력 중심 채널상의 TE 모드는  $1557.58\text{nm}$ 의 파장에서 최고 투과율을 보인 반면, TM 모드는  $1553.34\text{nm}$ 에서 최고 투과율을 보여 TE-TM 쉬프트가  $4.24\text{nm}$ 로 측정되었다. 이러한 TE-TM 쉬프트는 전술한  $0.04\text{nm}$ 의 복굴절과 일치하는 결과이다. 반면에, 도 5b 및 도 5c에 도시된 바와 같이, 상부 클래딩층(18)을 적어도 2층 이상으로 나누어 형성하면, TE-TM 쉬프트가 감소됨을 알 수 있다.



- <50> 여기서, 상기 도 4에 도시된 것과 같이 상부 클래딩층을  $16\mu\text{m}$  두께로 단일층으로 형성하는 경우에는 TE-TM 쉬프트가  $4.16\text{nm}$ 로, 상기  $22\mu\text{m}$  두께의 단일층으로 상부 클래딩층을 형성한 경우보다 쉬프트 크기가 소정치 정도 감소하였다.
- <51> 한편, 상부 클래딩층을  $11\mu\text{m}$  두께의 2층 구조로 형성하는 경우, 도 5b에 도시된 바와 같이 TE-TM 쉬프트가  $1.98\text{nm}$ 로 크게 감소하였으며, 상부 클래딩층을  $7\mu\text{m}$  두께의 3층 구조로 형성하는 경우, 도 5c에 도시된 바와 같이 TE-TM 쉬프트가  $0.08\text{nm}$ 로 거의 사라져버렸다.
- <52> 도 6은 다층으로 상부 클래딩층을 구성하는 경우, 제 1 서브 상부 클래딩층의 두께가 7 내지  $22\mu\text{m}$  범위로 변화될 때, TM 중심 파장으로부터 TE 중심 파장의 간격 변화를 나타낸 그래프이다. 이 그래프에서 TE 중심과 TM 중심의 쉬프트를 살펴보면, 제 1 서브 상부 클래딩층의 두께가 약  $12\mu\text{m}$  이상이 되면, TE-TM 쉬프트(TE 중심 파장-TM 중심 파장)가 급격하게 증가하고, 제 1 서브 상부 클래딩층의 두께가 약  $16\mu\text{m}$  이상이 되면 TE-TM 쉬프트가 일정 상태를 유지하는 것을 발견할 수 있다.
- <53> 여기서, TE-TM 쉬프트가 대략  $1.5\text{nm}$  정도인 경우는 상기 제 1 서브 상부 클래딩층이 약  $9\mu\text{m}$  두께로 형성된 경우이다. 이러한 경우 코어층 패턴(14a)의 식각 깊이(식각 높이)가 상술한 바와 같이  $7\mu\text{m}$ 인 것을 감안하면, 약 30% 정도의 오차 범위 이내까지 TE-TM 쉬프트가 대략  $1.5\text{nm}$ 로 유지될 수 있다고 판단된다.
- <54> 또한, 제 1 서브 상부 클래딩층의 두께를  $7\mu\text{m}$  이하로 형성하는 경우, TE-TM 쉬프트가 음의 방향으로 역전되는 것을 상기 도 6의 실험을 통해 알 수 있다. 이러한 결과는 서브 상부 클래딩층의 두께 조절로 TE-TM 쉬프트를 제거할 수 있음을 의미한다.

- <55> 한편, 제 2 및 제 3 서브 상부 클래딩층의 두께 또한 TE-TM 쉬프트에 영향이 있으므로, 제 2 및 제 3 서브 상부 클래딩층의 두께 또한 중요한 변수로 작용한다. 즉, 제 2 및 제 3 상부 클래딩층의 두께를 적절히 조절하여 제 1 서브 상부 클래딩층의 두께와 동일한 두께로 형성할 수 있다. 다만, 상부 클래딩층의 두께에 따른 TE-TM 쉬프트 정도는 사용하는 폴리머 물질의 종류에 따라서 다소 달라질 수 있다.
- <56> 상기에서 설명한 바와 같이, 폴리머 AWG의 TE-TM 쉬프트는 기본적으로 폴리머 물질과 기판의 열팽창 계수의 차이에서 오는 열적 스트레스에 의한 것으로 예측되며, 본 실시예와 같이 상부 클래딩층을 다층으로 구성하게 되면 이러한 열적 스트레스를 감소시켜 TE-TM 쉬프트가 감소된다.
- <57> 한편, 본 실시예에서는 상부 클래딩층에 의한 TE-TM 쉬프트 관계를 보다 자세히 관찰하기 위해서, 서브 상부 클래딩층의 적층수를 조절하여 TE-TM 쉬프트를 조사하였다. 이때, 서브 상부 클래딩층의 두께에 따른 변화를 함께 보기 위해서, 각각의 서브 상부 클래딩층은 동일하게 설정하면서, 상기 각각의 서브 상부 클래딩층의 두께를 4.5, 6.5, 11 및 20 $\mu$ m로 조절하여 TE-TM 쉬프트를 관찰하였다. 이와 같은 관찰 결과가 도 7에 도시되어 있다.
- <58> 도 7에서 "slab"이라고 표시된 데이터는 AWG 제조 공정중 하부 클래딩층상에 코어층이 형성된 상태(도 2c의 상태)에서 프리즘 커플링 방식으로 측정된 복굴절 0.0039에 해당하는 3.9nm의 TE-TM 쉬프트를 보여준다. 또한, "Oil"은 코어층 패턴(14a)을 형성한 상태에서 상부 클래딩층을 형성하는 대신 상부 클래딩층과 동일한 굴절율을 갖는 오일(index-matching oil)을 사용하여 상부 클래딩층으로 인한 스트레스를 배제한 상태에서 TE-TM 쉬프트를 측정한 결과로서, 이러한 "oil" 상태는 1.9nm 정도 TE-TM 쉬프트를 갖는다. 또한, 도 7의 "Anneal"은 상기 "Oil"이 형성된 상태에서 250℃의 온도에서 2시간 가량 열처리 하였을 때의 TE-TM 쉬프트로서, 약

0.19nm의 TE-TM 쉬프트를 갖는다. 이 결과 코어층이 처음 형성된 상태에서 상부의 클래딩층의 경화과정에서 경화 온도에 의해 스트레스가 제거되어 TE-TM 쉬프트가 제거됨을 알 수 있다. 이후, 제 1 서브 상부 클래딩층의 코팅 및 경화된 후, 상온으로 냉각되는 공정을 거친 후에, 상부 클래딩층에 열적 스트레스가 생성되고, 이 스트레스에 의하여 도 7에서와 같이 TE-TM 쉬프트가 유도된다. 이때, 제 1 서브 상부 클래딩층의 형성시, TE-TM 쉬프트의 양이 최고이고, 이후 제 2, 제 3 및 제 4 상부 클래딩층이 형성되면서 TE-TM 쉬프트 양이 점차 줄어든다. 또한, 제 1 서브 상부 클래딩 두께가 두꺼울수록 TE-TM 쉬프트 값이 크고, 이와 반대로 제 1 서브 상부 클래딩층의 두께가 얇으면 선형적으로 TE-TM 쉬프트가 감소되었다. 또한, 각각의 서브 상부 클래딩층의 적층수가 증대되면, 상기 TE-TM 쉬프트가 거의 "0"에 가깝게 감소되는 것을 알 수 있으며, 서브 상부 클래딩층의 두께가 두꺼워지면 상층부의 영향이 점차 감소되어, TE-TM 쉬프트가 "0"이 되기 어렵다.

<59> 이러한 결과는 폴리머 광소자를 제작하는데 있어서, 제 1 서브 상부 클래딩층 형성시, 열적 스트레스에 의한 복굴절이 발생하는 것을 알 수 있으며, 제 1 서브 상부 클래딩층을 상기 그래프의 데이터를 감안한 적당한 두께로 형성하고, 그 상부에 서브 상부 클래딩층을 형성하여서 복굴절 정도를 조절할 수 있다.

<60> 도 8은 상부 클래딩층을 20 $\mu$ m 두께의 단일층으로 형성한 AWG의 온도에 따른 TE-TM 쉬프트 변화를 측정한 그래프이다. 도 8에서와 같이, TE-TM 쉬프트가 약 3.3nm 에서 0.7nm로 감소되면, 클래딩 물질의 유리 전이 온도(glass transition temperature)가 10 $^{\circ}$ C에서 120 $^{\circ}$ C까지 선형적으로 감소하다가, TE-TM 쉬프트가 0.7nm 이하가 되면 유리 전이 온도의 변화 양상이 크게 달라지는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 열적 스트레스가 클래딩 물질의 유리 전이 온도 이하로 감소하는 과정에서 대부분 유도된다.

<61> 도 9는 서브 상부 클래딩층의 두께를  $11\mu\text{m}$ 로 하였을 때, 서브 상부 클래딩층의 적층수에 대한 TE-TM 쉬프트의 변화를 보여주는 그래프이다. 도 9의 실험은 서브 상부 클래딩층의 두께를  $11\mu\text{m}$ 로 설정하고,  $250^\circ\text{C}$ 의 온도에서 2시간 정도 열처리를 수행하였을 때, TE-TM 쉬프트의 변화를 보여준다. 상기 도 9에 의하면, 상부 클래딩층의 없는 샘플(slab)을 제외하고는 모두 TE-TM 쉬프트가 약간씩 증가하였다. 이러한 실험은 상기 도 7에서와 같이 서브 상부 클래딩층의 적층수가 증대될수록 TE-TM 쉬프트가 줄어드는 것은 반복 실시되는 열경화가 직접적인 영향을 미치지 않음을 간접적으로 설명하는 것이다.

#### 【발명의 효과】

<62> 이상에서 자세히 설명한 바와 같이, 본 발명에 의하면, AWG와 같은 폴리머 광소자의 상부 클래딩층을 다층의 서브 상부 클래딩층으로 형성한다. 이때, 상기 서브 상부 클래딩층의 두께 및 적층 회수를 조절하여, 복굴절을 즉, TE-TM 쉬프트를 감소시켜, 편광 의존성이 적은 폴리머 광소자를 제작할 수 있다.

<63> 또한, 이와 같이 상부 클래딩층을 다층으로 형성하는 기술은 복잡한 구조 상의 변화없이 간단한 공정만으로도 제작 가능하다.

<64> 이상 본 발명을 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러가지 변형이 가능하다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

기판;

상기 기판상에 형성되어 있는 하부 클래딩층;

상기 하부 클래딩층 상의 소정 부분에 형성되는 적어도 하나의 코어층 패턴; 및

상기 코어층 패턴이 형성된 하부 클래딩층 상부에 적어도 2층의 서브 상부 클래딩층으로 구성되는 상부 클래딩층을 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리머 광소자.

**【청구항 2】**

제 1 항에 있어서, 상기 코어층 패턴은 하부 클래딩층 상부에 형성되는 폴리머 성분으로 된 코어층, 및 상기 코어층 상부에 상기 상부 또는 하부 클래딩층 물질과 동일한 버퍼층을 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리머 광소자.

**【청구항 3】**

제 1 항에 있어서, 상기 코어층 패턴의 높이는 2 내지 10 $\mu$ m인 것을 특징으로 하는 폴리머 광소자.

**【청구항 4】**

제 1 항에 있어서, 상기 기판, 하부 클래딩층, 코어층 및 상부 클래딩층은 각각 폴리머 물질로 구성되고, 상기 폴리머 물질은 플루오리네이트 폴리에테르 계열, 아크릴레이트 계열, 폴리이미드 계열 및 퍼플루오네이트 사이클로부탄 계열의 물질 중 선택되는 하나인 것을 특징으로 하는 폴리머 광소자.

**【청구항 5】**

제 1 항에 있어서, 상기 기판은 실리콘 기판, 실리카 기판, 유리 기판 및 폴리머 기판중 선택되는 하나인 것을 특징으로 하는 폴리머 광소자.

**【청구항 6】**

제 1 항에 있어서, 상기 폴리머 광소자의 복굴절은 상기 서브 상부 클래딩층의 두께 및 적층 회수에 의해 조절되는 것을 특징으로 하는 폴리머 광소자.

**【청구항 7】**

제 1 항에 있어서, 상기 코어층 패턴과 접하는 하부 클래딩층의 표면은 상기 상부 클래딩층과 접하는 하부 클래딩층의 표면보다 상부에 위치하는 것을 특징으로 하는 폴리머 광소자.

**【청구항 8】**

기판 상부에 하부 클래딩층을 형성하는 단계;

상기 하부 클래딩층 상부에 코어층 패턴을 형성하는 단계; 및

상기 코어층 패턴이 형성된 하부 클래딩층 상부에 적어도 2층 이상의 서브 상부 클래딩층으로 구성되는 상부 클래딩층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리머 광소자의 제조방법.

**【청구항 9】**

제 8 항에 있어서, 상기 코어층 패턴을 형성하는 단계는,

상기 하부 클래딩층 상부에 코어층을 형성하는 단계;

상기 코어층 상부에 마스크 패턴을 형성하는 단계;

상기 마스크 패턴의 형태로 코어층을 식각하는 단계; 및

상기 마스크 패턴을 제거하는 단계를 포함하며,

상기 코어층 식각시 상기 하부 클래딩층이 일부 과도식각되는 것을 특징으로 하는 폴리머 광소자의 제조방법.

【청구항 10】

제 9 항에 있어서, 상기 하부 클래딩층은 0.1 내지  $3\mu\text{m}$  정도 과도 식각하는 것을 특징으로 하는 폴리머 광소자의 제조방법.

【청구항 11】

제 9 항에 있어서, 상기 코어층을 형성하는 단계와, 상기 코어층 상부에 마스크 패턴을 형성하는 단계 사이에, 상기 코어층 상부에 버퍼층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리머 광소자의 제조방법.

【청구항 12】

제 8 항에 있어서, 상기 하부 클래딩층을 형성하는 단계, 상기 코어층을 형성하는 단계, 및 상기 서브 상부 클래딩층을 형성하는 단계 각각은,

상기 폴리머층을 코팅하는 단계; 및

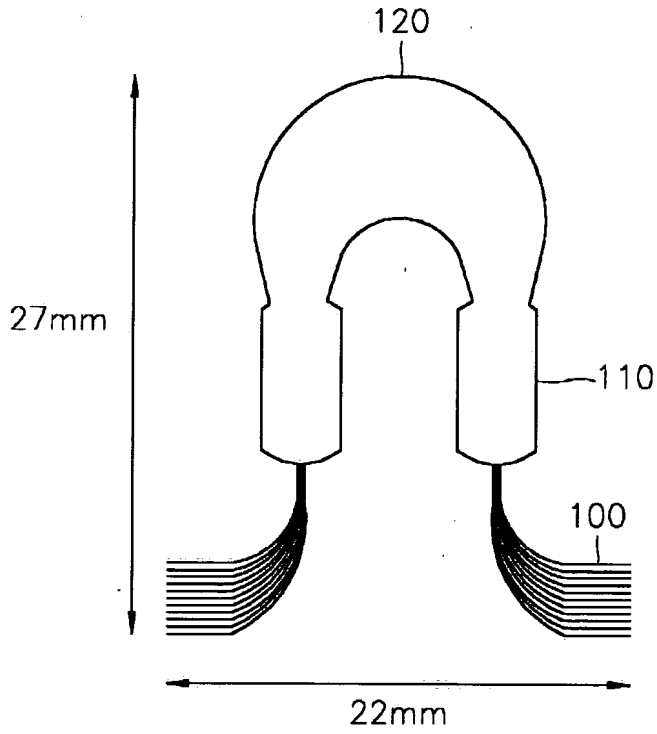
상기 폴리머층을 경화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리머 광소자의 제조방법.

【청구항 13】

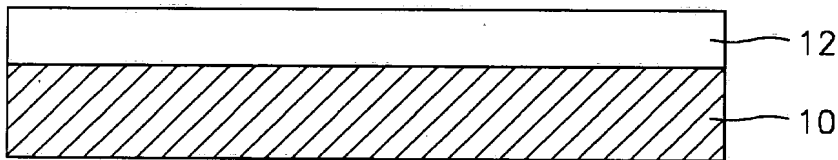
제 12 항에 있어서, 상기 폴리머층을 경화시키는 단계는, 상기 폴리머층을 열적 또는 UV에 의해 경화시키는 것을 특징으로 하는 폴리머 광소자의 제조방법.

【도면】

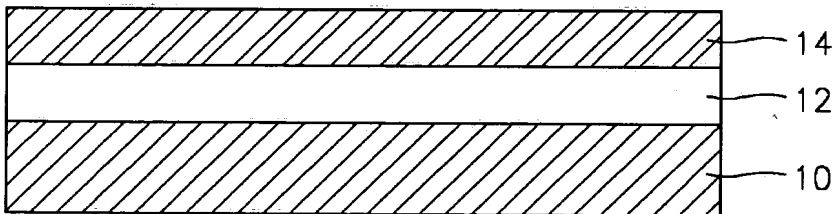
【도 1】



【도 2a】

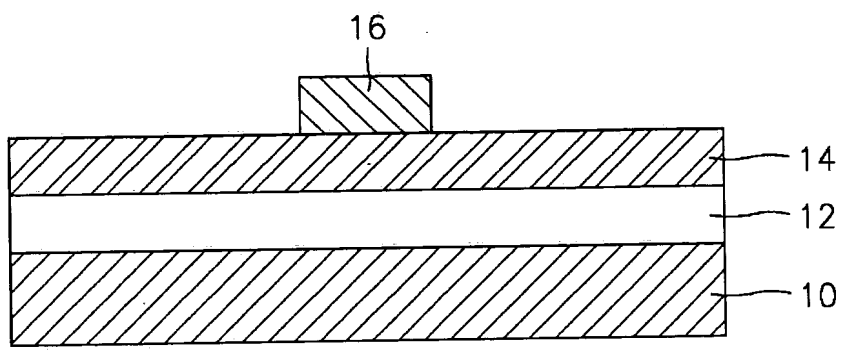


【도 2b】

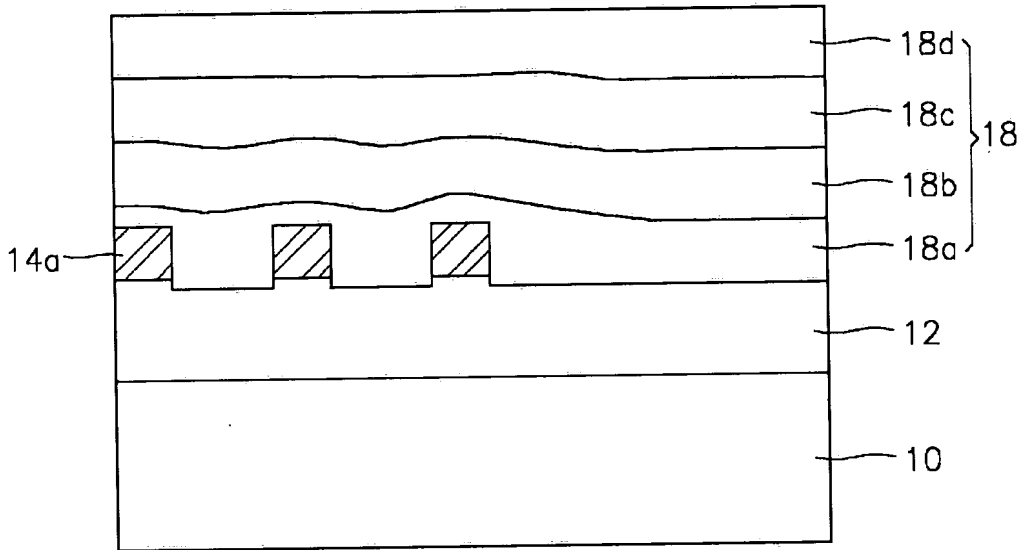




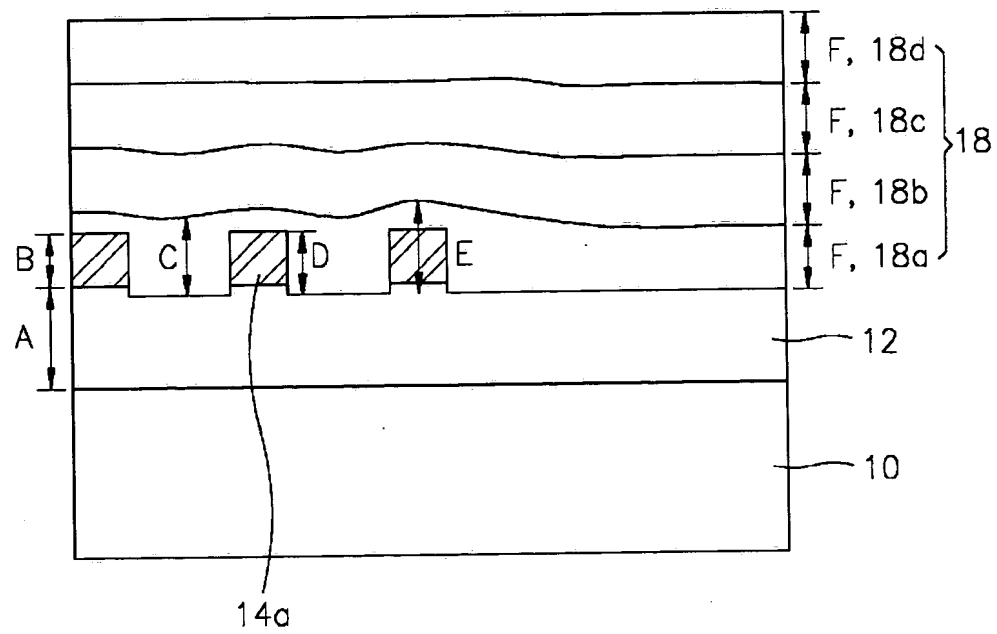
【도 2c】



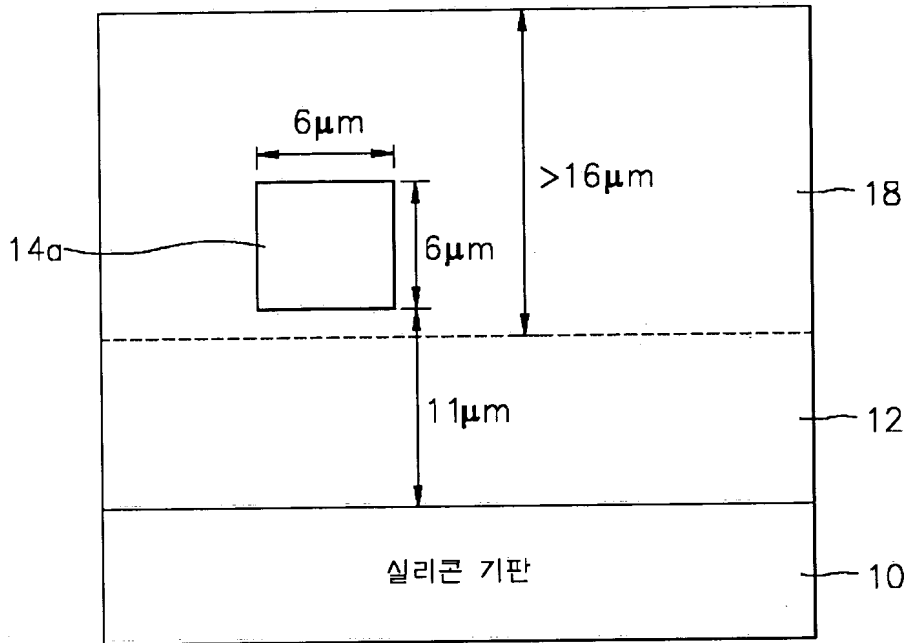
【도 2d】



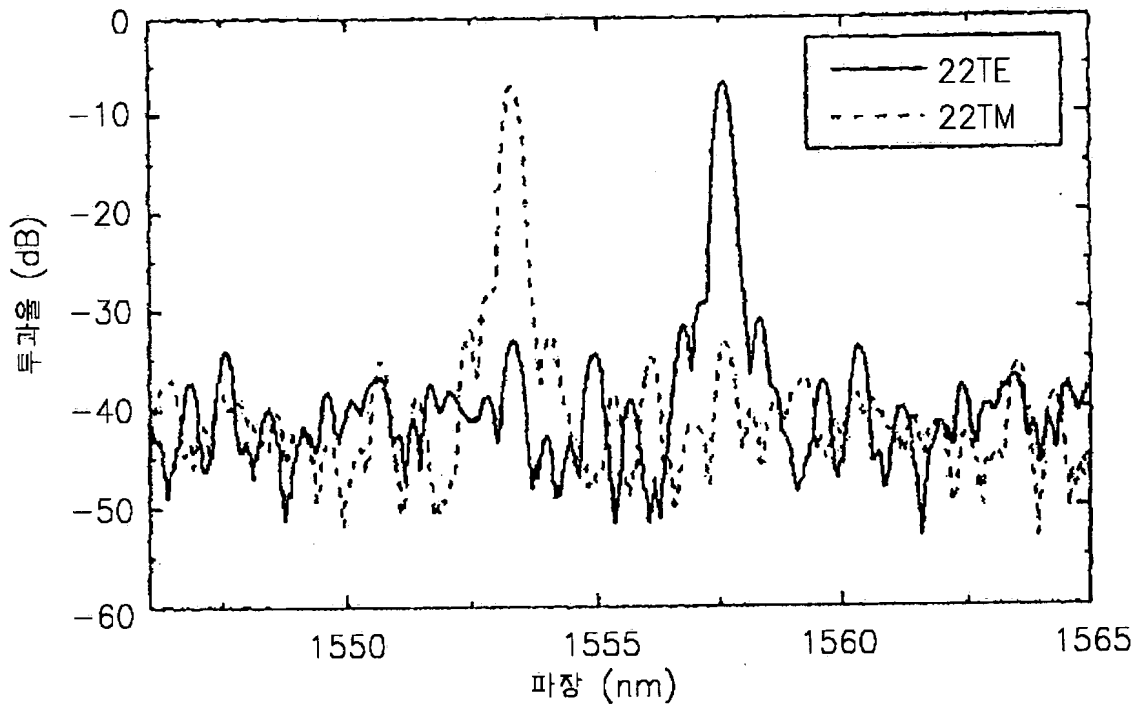
【도 3】



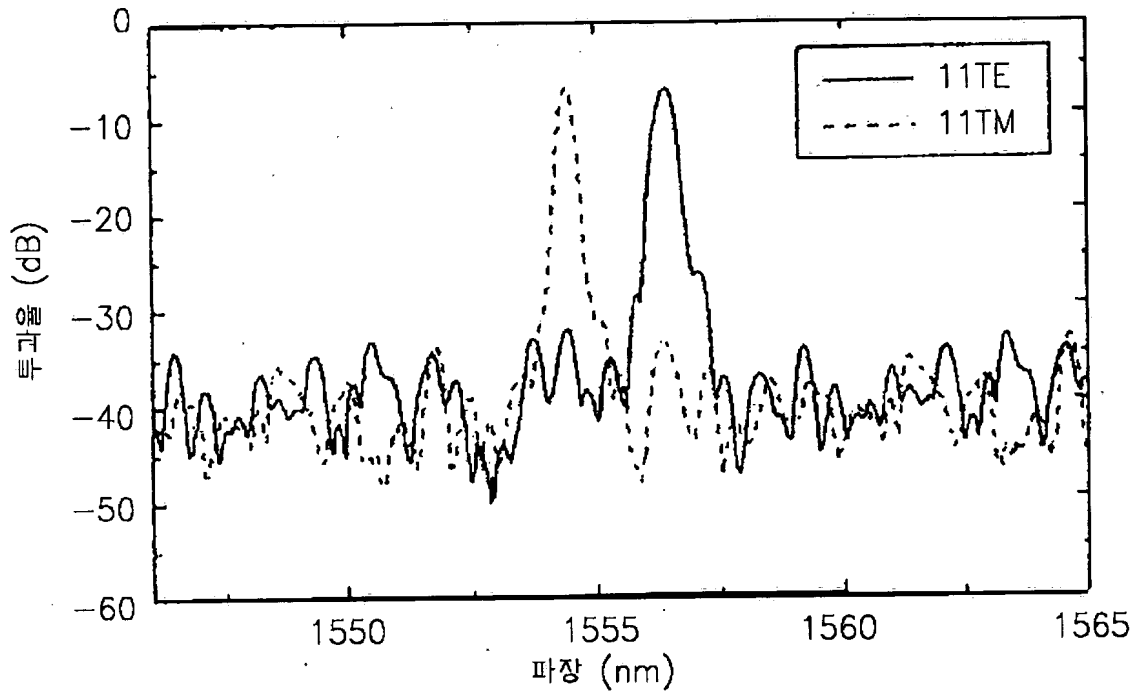
【도 4】



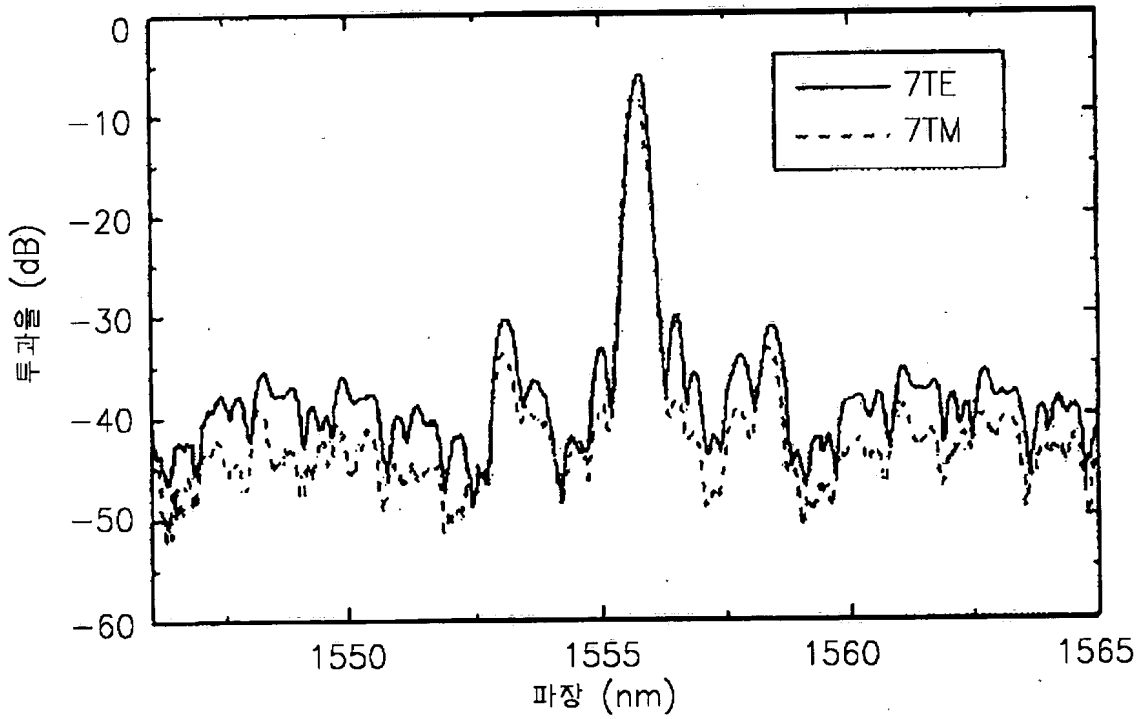
【도 5a】



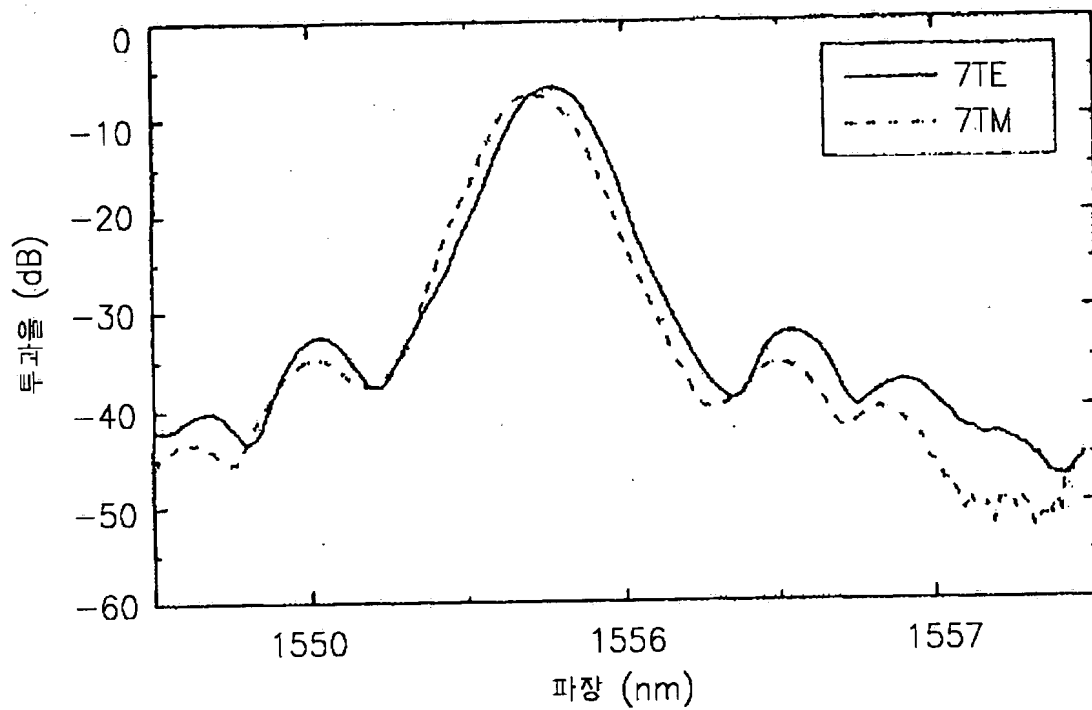
【도 5b】



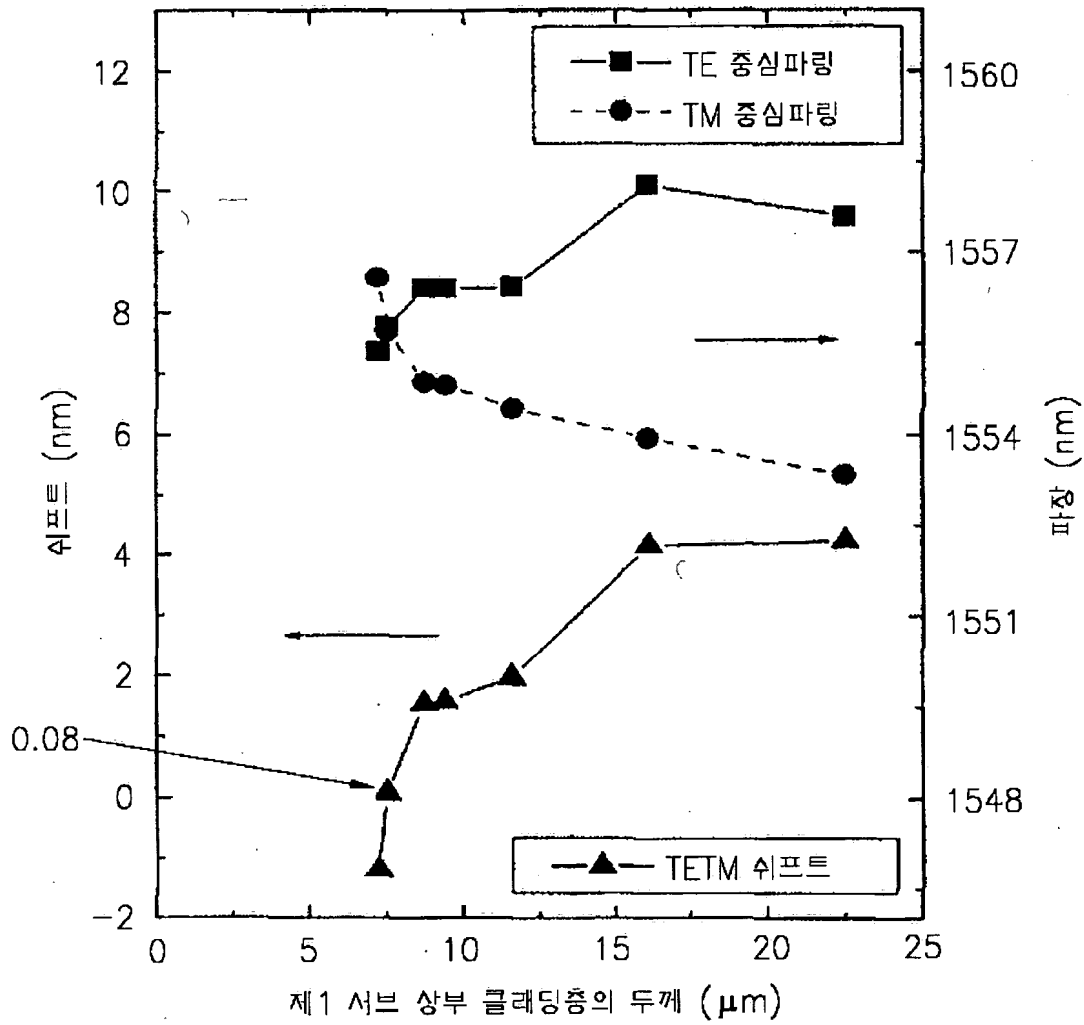
【도 5c】



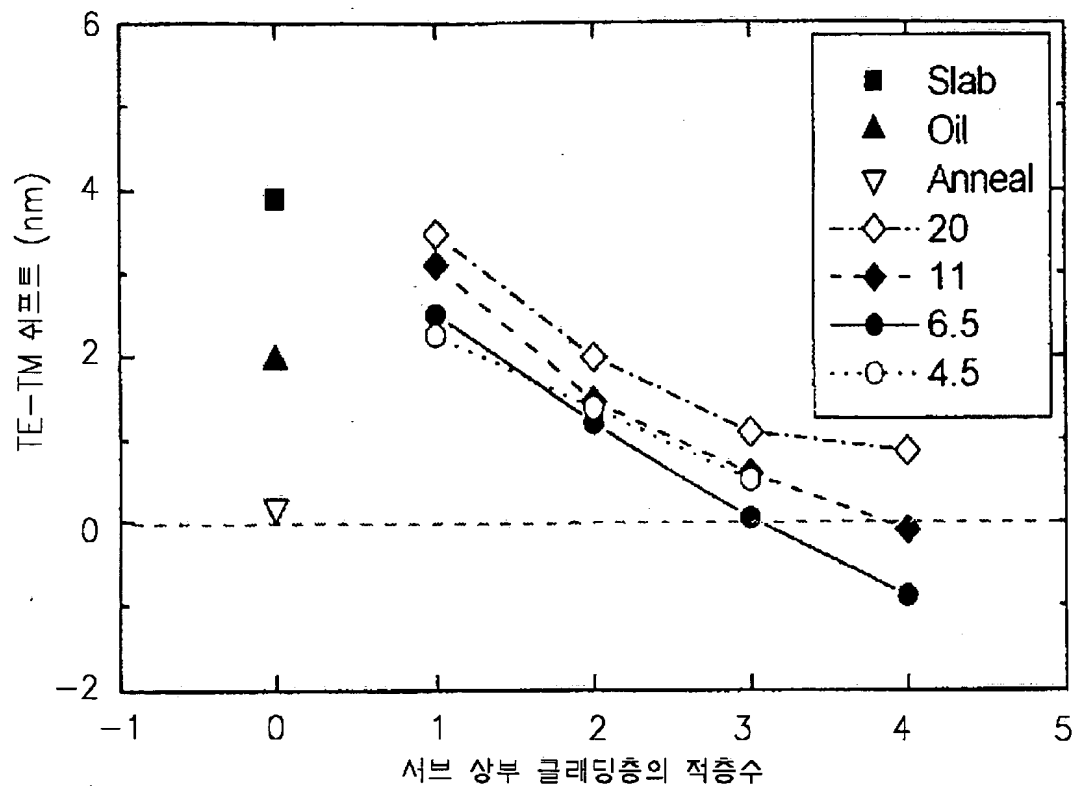
【도 5d】



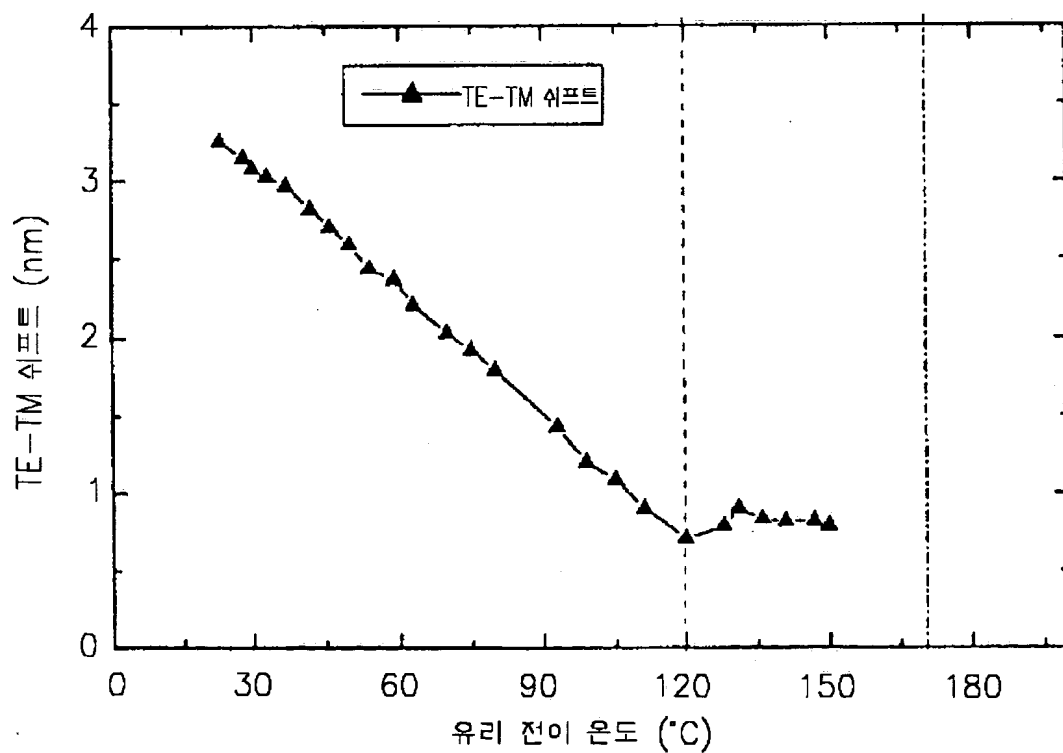
【도 6】



【도 7】



【도 8】



【도 9】

